

Effets d'engrais organique liquide (NPK 5-9-18) et minéral (NPK 12-11-18) sur la matière organique du sol et du rendement de la tomate au Sud et au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire

[Effects of liquid organic (NPK 5-9-18) and mineral (NPK 12-11-18) fertilizers on soil organic matter of and tomato yield in the South and the Mid-West of Ivory Coast]

ANGUI Téhua Kouassi Pascal¹, KOTAIX Acka Jacques Alain², BAKAYOKO Sidiky³, KASSIN Koffi Emmanue², N'GORAN Kouadio Emmanue⁴, KOUAME N'Dri Norbert², KONE Boaké², PIERRE Claver Zilé Kouassi⁵, and BONFOH Bassirou⁶

¹UFR Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, 02 BP 801 abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Département Agronomie Physiologie, Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, BP 808 Divo, Côte d'Ivoire

³UFR Agroforesterie, Université Jean-Lorougnon-Guédé, Abidjan, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

⁴Département Sol, Eau, Plante, Centre National de Recherche Agronomique, Abidjan, 01 BP 633 Bouaké, Côte d'Ivoire

⁵Domaine de recherche Gestion Durable des Sols, Société d'Etude, et de Réalisation des activités Agricoles Innovantes et Environnementales, Abidjan, (SERAINÉ) 05 BP 2562 Abidjan 05, Côte d'Ivoire

⁶Groupe de recherche Technologie, Nutrition et Qualité des Aliments, Centre suisse de Recherches scientifiques en Côte d'Ivoire, Abidjan, 01 BP 1303 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A study on the mineral and liquid organics fertilizations was conducted on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) during short rainy season in South and Central West regions of Ivory Coast over two years to improve soil fertility and tomato yield. Specifically, the treatment effects of four doses of organic fertilizer, associated or not with the mineral fertilizer on the content of the soil organic matter, the C/N ratio and the yield. The experimental design was split-plot, with four repetitions having as principal factor, the mineral fertilizer and the secondary factor, the organic fertilizer in four doses (L ha⁻¹): C0 = 0 (control); C1 = 2.5; C2 = 3.75 and C3 = 5. The results showed that the treatment T10 (50 % mineral fertilizer + 3.75 Lha⁻¹ of the organic fertilizer), better improved the content of the soil organic matter and the yield. However, the treatment with 3.75 L ha⁻¹ of organic fertilizer used alone has of increased advantage the report C/N of the ground.

KEYWORDS: tomato, mineral fertilizer, organic fertilizer, soil, yield.

RÉSUMÉ: Une étude sur la fertilisation minérale et organique liquide a été conduite sur la tomate en petite saison de pluie au Sud et au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire sur deux années, afin d'améliorer la fertilité du sol et le rendement de la tomate. De manière spécifique, il s'agissait d'évaluer les effets des traitements de quatre doses d'engrais organique liquide associées ou non à l'engrais minéral sur la teneur du sol en matière organique, le rapport C/N et le rendement. Le dispositif expérimental était un split-plot avec quatre répétitions ayant pour facteur principal, l'engrais minéral et le facteur secondaire, l'engrais organique à quatre doses (Lha⁻¹) : C0 = 0 (témoin), C1 = 2,5; C2 = 3,75 et C3 = 5. Les résultats ont montré que le traitement T10 (50 % engrais minéral + 3,75 Lha⁻¹ engrais organique) a amélioré la teneur du sol en matière organique, et le rendement. Cependant, le traitement avec 3,75 Lha⁻¹ d'engrais organique utilisée seule a accru le rapport C/N du sol.

MOTS-CLEFS: Tomate, engrais minéral, engrais organique, sol, rendement.

1 INTRODUCTION

La culture de la tomate constitue une activité lucrative pour de nombreux producteurs en milieu urbain et périurbain, à cause de sa richesse en protéine, en vitamine A et C ([13]) et de son utilisation en tant que médicament et produit de beauté. Au niveau mondial, sa production est estimée à 126,2 millions de tonnes, avec un rendement moyen de 27,3 t ha⁻¹ en 2007 ([1]). Ce rendement est de 10 t ha⁻¹, en Afrique au sud du Sahara ([21]). En Côte d'Ivoire, il est en moyenne de 10 t ha⁻¹ ([20]). Ce faible rendement en Afrique, singulièrement en Côte d'Ivoire, est dû à de nombreuses contraintes, notamment, l'insuffisant apport d'engrais minéraux à cause de leur coût élevé ([25]). Selon la référence [22], l'usage des engrais minéraux est certes, bénéfique du fait, de leur plus grande efficacité agronomique ([26]), mais leurs effets polluants ([7]) et leurs coûts élevés entravent encore leur utilisation par certains agriculteurs ([23]), d'où une baisse de rendement des cultures ([8]). D'après la référence ([11]), la baisse de la productivité des terres dans la plupart des pays d'Afrique est le résultat de la pression démographique qui croît plus vite que dans d'autres régions. A cela s'ajoute les mauvaises pratiques de gestion des terres entraînant par la suite un épuisement en éléments nutritifs des sols ([14]) ; d'où une baisse de la fertilité des sols.

En effet la fertilité du sol a plusieurs composantes dont la matière organique et le rapport C/N. Ces paramètres jouent un rôle très déterminant dans l'amélioration de la productivité des terres. La matière organique nourrit les organismes du sol et doit être, au moins, comprise entre 3 et 7 % pour avoir de bon rendement. Le rapport C/N conditionne le processus de minéralisation de la matière organique. A l'analyse de ce qui précède, des technologies efficaces et accessibles aux producteurs à faibles revenus sont nécessaires pour maintenir ou accroître la production des sols, notamment le rendement de la tomate. La présente étude permettra de connaître le traitement de la dose d'engrais organique (NPK 5-9-19) associée ou non à l'engrais minéral capable d'augmenter la teneur du sol en matière organique, le rapport C/N et le rendement. Elle contribuera à faire des recommandations d'utilisation efficace et rationnelle de cet engrais liquide auprès des utilisateurs.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée sur deux sites, Bimbresso et Bouaflé, de juillet à Novembre durant deux années. Ces sites sont caractérisés par un climat chaud et humide avec un sol meuble, bien drainant de texture sablo-argilo-limoneuse. Par ailleurs, le site de Bimbresso (4°10' W, 5° 30' N) est situé au Sud de la Côte d'Ivoire sur l'axe Abidjan - Dabou. Il a eu une précipitation de 819,82 mm et une température moyenne comprise entre 23,86 et 30,08 °C, en 2010 durant la période des essais. En 2011, la pluviométrie a été de 560,10 mm, avec une température moyenne comprise entre 23,76 et 29,74 °C. Le sol est très acide ($4 \leq \text{pH} \leq 4,7$ en 2010 et $4 \leq \text{pH} \leq 4,9$ en 2011). Par contre, le site de Bouaflé (5°75'W, 7°N) est situé dans la zone de transition entre la forêt dense et la savane arborée, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. Il a eu 556,22 et 376,73 mm de pluie en 2010 et 2011, respectivement, et une température moyenne comprise entre 22,1 et 31,6 °C en 2010 et entre 20,96 et 31,56 °C en 2011, durant la période de l'essai. Le sol y est faiblement acide ($5,6 \leq \text{pH} \leq 6$ en 2010 et $5,4 \leq \text{pH} \leq 6,1$ en 2011).

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal a été la variété UC 82 de tomate, très adaptée aux hautes températures et tolérante à la verticilliose et à la fusariose. La pépinière a duré 21 à 30 jour et la 1^{ère} récolte a eu lieu, 65 à 75 jour après repiquage (JAR). La hauteur des plantes peut atteindre 80 à 120 cm, avec des fruits bien fermes, qui ont un poids variant entre 80 et 100 g, un rendement moyen de 20 t ha⁻¹ et une durée de cycle variant entre 116 - 126 jour après semis (JAS). Cette variété est très cultivée dans les deux zones agroécologiques de l'étude.

2.3 RÉALISATION DE LA PÉPINIÈRE

Avant la mise en place de la pépinière, les essais qui ont été faits, avec l'engrais organique associé ou non à l'engrais minéral ont bénéficié de semences préalablement trempées pendant 10 h dans l'engrais organique liquide. En revanche, pour les essais avec l'engrais minéral seul, les semences n'ont pas été trempées. Ensuite, pour la réalisation de la pépinière, trois planches de 2 et 3 m² ont été faites en 2010 et 2011, respectivement, en fonction du nombre de traitement qui a varié d'une année à une autre. Le Manèbe (10 g m⁻²) et le Furadan (10 g m⁻²) ont été utilisés pour désinfecter le sol. Le semis a été effectué, à raison de trois graines par poquet, soit 20 poquets par ligne de 1 m. Les poquets sont distants de 5 cm sur la ligne. L'écartement entre deux lignes de semis a été de 10 cm. Les semis ont été faits sur 10 lignes, soit 200 poquets / m². Une couche de paille a été étalée sur le sol avant l'arrosage afin d'éviter le tassement des graines.

2.4 SUIVI ET ENTRETIEN DE LA PÉPINIÈRE

Après la levée, la paille a été ôtée et une ombrière a été mise à 50 cm au-dessus du sol pour protéger les plants contre l'ensoleillement. Le rythme des arrosages qui était de deux fois par jour, au début de l'essai, a été réduit à un arrosage par jour à partir du 15^{em} jour après la levée (JAL). L'ombrière a été enlevée au fur et à mesure que les plants se développaient. Des binages fréquents ont été réalisés pour entretenir la pépinière afin d'éviter que le sol ne se tasse et de faciliter la circulation de l'eau et de l'air. L'ombrière a été totalement enlevée 5 jours avant le repiquage pour acclimater progressivement les plants avant cette opération. Les plants ont été repiqués après 21 jours.

2.5 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

L'essai a été conduit selon un dispositif en split-plot avec quatre répétitions ayant pour facteur principal l'engrais minéral et pour facteur secondaire l'engrais organique. En 2010, le facteur minéral a eu deux niveaux de fertilisation : F0 = témoin (sans engrais) et F1 = dose recommandée d'engrais soit : 400 Kg ha de NPK 12-11-18 fractionné en deux apports de 200 Kg ha⁻¹ fournis respectivement le 7^{em} et le 37^{em} JAR. L'application de 200 Kg ha⁻¹ de Nitrabore (15,5 % (N) + 26,5 % (CaO) + 0,2 % B) a été fractionné en deux apports de 100 Kg ha⁻¹ fournis le 47^{em} et 62^{em} JAR. En 2011, ce facteur a eu 3 niveaux de fertilisation : F0 = témoin, F1 et F2 = ½ F1. Pendant les deux années d'essais, le facteur secondaire n'a pas changé de dose de fertilisation. Il a eu quatre doses : C0 = témoin (sans engrais), C1 = 2,5 Lha⁻¹, C2 = 3,75 Lha⁻¹ et C3 = 5 L ha⁻¹. Ces doses ont été apportées chaque 15 jours. Les différentes caractéristiques chimiques de cet engrais liquide sont mentionnées dans le Tableau 1. La combinaison factorielle des 2 facteurs a permis d'obtenir en 2010, huit traitements repartis au hasard dans 4 répétitions par site d'étude. Ainsi, il a été obtenu 32 parcelles expérimentales de 24 m² chacune. En 2011, il a eu 12 traitements repartis au hasard dans 4 répétitions par site. Ceci a permis d'obtenir 48 parcelles élémentaires. Chacune d'elle avait une superficie de 24 m² et comptait 70 plants établies sur 5 lignes de 6 m de long, avec 0,80 m entre les lignes et 0,50 m entre les plants sur la ligne. Cette augmentation du traitement de 2011, est due à la vérification de la demi-dose d'engrais minéral (F2) et l'effet de son association avec l'engrais organique sur l'acidité du sol et sur les paramètres agronomiques de la culture tomate. Les différents traitements ont été désignés comme le montre le Tableau 2.

Tableau 1. Caractéristiques chimiques de l'engrais organique liquide (NPK 5-9-19)

pH	C / N	Teneur en éléments minéraux (%)					
		C	N	P	K	Ca	Mg
5,9	13	59,8	4,6	8,5	18,99	5,73	0,40

Tableau 2. Identification des traitements utilisés

Traitements	Doses d'engrais minéraux (kg ha ⁻¹) : (F)	Engrais minéraux (%) : (F)	Engrais organique(L ha ⁻¹) : (C)	Code
T0 (témoin)	0	0	0	F0C0
T1	0	0	2,5	F0C1
T2	0	0	3,75	F0C2
T3	0	0	5	F0C3
T4	400(NPK) + 200 Nitrabore	100	0	F1C0
T5	400(NPK) + 200 Nitrabore	100	2,5	F1C1
T6	400(NPK) + 200 Nitrabore	100	3,75	F1C2
T7	400(NPK) + 200 Nitrabore	100	5	F1C3
T8	200(NPK) + 100 Nitrabore	50	0	F2C0
T9	200(NPK) + 100 Nitrabore	50	2,5	F2C1
T10	200(NPK) + 100 Nitrabore	50	3,75	F2C2
T11	200(NPK) + 100 Nitrabore	50	5	F2C3

T0 (témoin : 0 dose E. m. et E. o.) ; T1 (0 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.) ; T2 (0 % E. m. + 3,75 Lha⁻¹ E. o.) ; T3 (0 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.) ; T4 (100 % E. m.+ 0 Lha⁻¹ E. o.) ; T5 (100 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.) ; T6 (100 % E. m. + 3,75 Lha⁻¹ E. o.) ; T7 (100 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.) ; T8 (50 % E. m.+ 0 Lha⁻¹ E. o.) ; T9 (50 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.) ; T10 (50 % E. m.+ 3,75 Lha⁻¹ E. o.) ; T11 (50 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.). E. m. : Engrais minéral ; E.o : Engrais organique

2.6 ENTRETIEN DE LA CULTURE

L'arrosage s'effectuait matin et soir de manière gravitaire. Des sarclages réguliers ont été réalisés pour contrôler l'enherbement. Des traitements insecticide et fongique ont été réalisés avec le Deltaméthrine (Décis 1 L ha⁻¹), le Manèbe 80 (3 Kg ha⁻¹) et le Callicuivre (2 Kg ha⁻¹), pour lutter contre les maladies et ravageurs.

2.7 MESURES DES PARAMÈTRES

Les observations et mesures, ont porté sur la teneur du sol en matière organique, le rapport C/N et sur le rendement. La teneur du sol en matière organique et le rapport C/N ont été déterminés, après les analyses de sol faites avant et après les essais. Avant la mise en place de la culture, nous avons procédé à une caractérisation morpho-pédologique des sols de chaque site d'étude. Celle-ci a consisté à implanter des toposéquences sur lesquelles des fosses pédologiques ont été ouvertes, à 25 m d'intervalles. Ainsi, une fosse a été ouverte sur chaque site, en haut de versant, à mi-versant et en bas de versant. Trois fosses de 1 m de profondeur et 0,8 m de largeur ont été ouvertes au total. Une description détaillée des fosses a alors été faite, afin d'avoir une idée de l'état de fertilité des sols avant la mise en culture. Ensuite, des échantillons de sol de 0 - 40 cm, y ont été prélevés pour être analysés. A la fin de chaque expérimentation (2010 et 2011), des échantillons de sol de 0 - 40 cm ont été également prélevés en fonction des différents traitements, et analysés afin de déterminer les propriétés physico-chimiques du sol.

L'analyse des sols a été effectuée au laboratoire des sols et de végétaux de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB) de Yamoussoukro / Côte d'Ivoire, afin de connaître leurs potentiels fertilisants. Les échantillons de terre fine (terre tamisée à 2 mm) ont servi à la détermination du carbone organique, par attaque sulfo-chromique à froid ([27]) et de l'azote total par la méthode de la référence [15] ;

Le rendement a été déterminé par bloc au niveau de chaque parcelle utile à l'aide de la formule suivante : $RDT = D \times (P_{Pu} / NP_{Pu})$; Où, RDT= Rendement ; P_{Pu} = Production de la parcelle utile ; NP_{Pu} = nombre de plant dans la parcelle utile et D = Densité (nombre de pieds à l'hectare). Les récoltes ont été faites de façon systématique dans chaque parcelle utile. Le rendement brut prend en compte tous les fruits récoltés, notamment les fruits sains et les fruits avariés non commercialisables (fruits perforés, éclatés, pourris, etc.), tandis que le rendement net prend seulement en compte les fruits sains.

2.8 ANALYSE STATISTIQUE

Toutes les données recueillies ont été analysées à l'aide du logiciel "XLSTAT- Pro 7.1". Une analyse de variance a été réalisée pour l'ensemble des traitements. Le test de Duncan, a été utilisé pour séparer les moyennes, lorsque les effets de traitements et de doses d'engrais ont été significatifs au seuil de 5 %.

3 RESULTATS

3.1 MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL, RAPPORT C/N ET RENDEMENT DE LA TOMATE EN 2010

Les résultats du Tableau 3 montrent que l'engrais organique (NPK 5-9-19) et l'effet combiné des engrais ont amélioré significativement, au seuil de 5 %, la teneur du sol en matière organique. La Figure 1 montre qu'à Bimbresso, les traitements T6 et T7 ont mieux accru la teneur du sol en matière organique avec 2,90 et 2,92 g kg⁻¹ respectivement, soit une hausse de 2,7 fois par rapport au témoin. A Bouaflé, également, la Figure 1 révèle que les traitements T6 et T7 ont amélioré la teneur du sol en matière organique par rapport aux autres traitements, avec des valeurs de 3,17 et 3,27 g kg⁻¹ respectivement, soit une augmentation de plus de 2,50 fois par rapport au témoin.

Le rapport C/N du sol des sites (Tableau 3) a augmenté significativement ($p < 5\%$), avec l'effet des traitements des doses d'engrais organique. A Bimbresso et Bouaflé, les traitements avec les doses C1, C2 et C3 d'engrais organique, sans engrais minéral ont eu les meilleurs résultats par rapport au témoin. A Bimbresso, les doses C1, C2 et C3 d'engrais organique sans engrais minéral ont permis d'obtenir des rapports C/N de 12,59 ; 12,79 et 13,42, soit un gain de 28,73 ; 30,77 et 37,22 % respectivement par rapport au témoin. A Bouaflé, également ces doses C1, C2 et C3 d'engrais organique ont eu des rapports un rapport C/N de 12,07 ; 13,07 et 13,38, soit une amélioration de 16,19, 24,48 et 27,43 % respectivement par rapport au témoin. Les teneurs du sol en matière organique et le rapport C/N de Bouaflé ont été plus élevées que ceux de Bimbresso.

Le Tableau 3 montre que l'engrais minéral et organique liquide ont eu, séparément, une amélioration significative ($p < 5\%$) du rendement, tandis que l'effet combiné des engrais n'a pas été significatif. A Bimbresso, le traitement avec la dose 5 L ha⁻¹ d'engrais organique a eu le meilleur rendement net (7,78 t ha⁻¹) par rapport au témoin qui a enregistré le plus faible rendement

net (3,54 t ha⁻¹). Le rendement brut est égal à 8,30 t ha⁻¹. A Bouaflé, les traitements avec les doses 3,75 et 5 L ha⁻¹ d'engrais organique ont eu les meilleurs résultats. Le traitement avec la dose 3,75 L ha⁻¹ d'engrais organique a permis un rendement net de 25 t ha⁻¹ et un rendement brut de 25,28 t ha⁻¹, par contre avec la dose 5 L ha⁻¹ d'engrais organique, le rendement net a été de 28 t ha⁻¹ et le brut été de 28,05 t ha⁻¹. Le témoin a eu le plus petit rendement net (14 t ha⁻¹).

Tableau 3. Effets d'engrais organique et minéral sur la teneur du sol en matière organique, le rapport C/N, le rendement brut et net en 2010

Traitements	Bimbresso				Bouaflé			
	MO (g kg ⁻¹)	C/N	Rdt brut (t ha ⁻¹)	Rdt net (t ha ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	C/N	Rdt brut (t ha ⁻¹)	Rdt net (t ha ⁻¹)
Engrais minéral (%)								
0	2,15	11,60	5,30 b	4,72 b	2,24	11,82	21,20 b	19,80 b
100	2,43	12,68	6,15 a	5,74 a	2,70	13,08	25,86 a	24,80 a
PPDS (à 5%)	0,45	1,20	0,75	0,95	1,59	2,07	2,18	2,54
Engrais organique (L ha⁻¹)								
0	1,35 c	9,78 b	4,00 d	3,54 d	1,45 c	10,50 b	14,52c	14,00 c
2,5	2,27 b	12,59 a	4,80 c	4,36 c	2,53 b	12,20 a	22,48b	22,00 b
3,75	2,75 a	12,79 a	5,75 b	5,26 b	2,92 a	13,07 a	25,28a	25,00 a
5	2,77 a	13,42 a	8,30 a	7,78 a	2,99 a	13,38 a	28,05a	28,00 a
PPDS (à 5%)	0,21	1,29	0,63	0,71	0,34	1,32	2,86	2,40
Engrais minéral	NS	NS	S	S	NS	NS	S	S
Engrais organique	S	S	S	S	S	S	S	S
Engrais minéral x organique	S	NS	NS	NS	S	NS	NS	NS
Moyenne	2,29	12,14	5,72	5,23	2,47	12,35	22,82	22,27
CV (%)	5,9	9,6	10,2	16,1	7,8	6,78	9,18	4,2

PPDS : Plus Petite Différence Significative à 5 % ; NS : Non Significatif ; S : Significatif au seuil de 5 % ; Les moyennes suivies des mêmes lettres (a, b, c, d), dans la même colonne, ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, selon le test de Duncan. Rdt.: Rendement; CV: Coefficient de Variation, MO: matière organique.

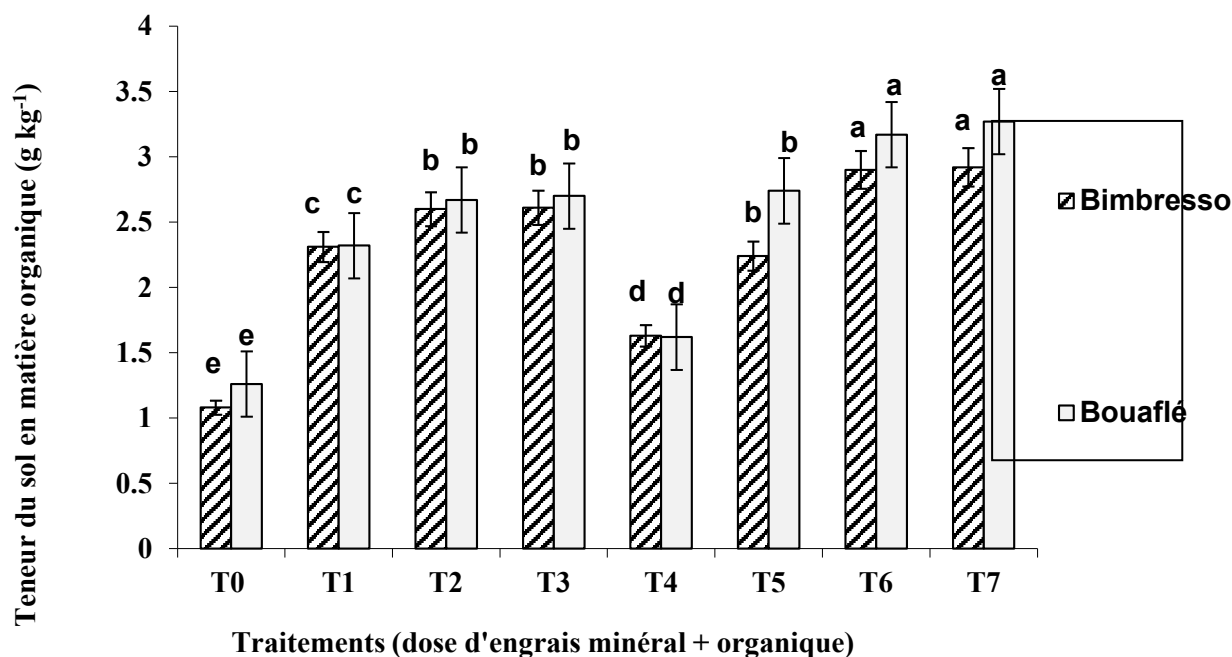


Fig. 1. Effets d'engrais organique et minéral sur la teneur du sol en matière organique à Bimbresso et Bouaflé en 2010

Les moyennes suivies des mêmes lettres (a, b, c, d, e), sur chaque site ne sont pas significativement différentes ($p < 5\%$).

T0 (témoin : 0 dose E. m. et E. o.) ; T1 (0 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.) ; T2 (0 % E. m. + 3,75 Lha⁻¹ E. o.) ; T3 (0 % E. m.+ E. o.) ; T4 (100 % E. m.+ 0 Lha⁻¹ E. o.) ; T5 (100 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.) ; T6 (100 % E. m. + 3,75 Lha⁻¹ E. o.) ; T7 (100 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.). E.m. : Engrais minéral ; E.o : Engrais organique

2.2 - Matière organique du sol, rapport C/N et rendement de la tomate en 2011

Au regard des résultats du Tableau 4, l'effet de l'engrais organique et celui conjoint des engrais ont augmenté significativement ($p < 5\%$) la teneur du sol en matière organique. La Figure 2 montre qu'à Bimbresso, l'effet combiné des engrais à travers les traitements T6, T7, T10 et T11 ont mieux amélioré la teneur du sol en matière organique avec 2,99 ; 3,04 ; 2,98 et 3,01 g kg⁻¹ respectivement, par rapport au témoin qui a eu la plus faible teneur (1,36 g kg⁻¹). Ces valeurs correspondent à des augmentations d'au moins 54,36 % par rapport au témoin. A Bouaflé, également (Figure 2), les traitements T6, T7, T10 et T11 ont eu les meilleures teneurs du sol en matière organique, avec 3,27 ; 3,30 ; 3,22 et 3,29 g kg⁻¹ respectivement par rapport au témoin qui a eu la plus petite teneur (1,55 g kg⁻¹), soit une hausse d'au moins 51,86 % par rapport au témoin.

Le rapport C/N du sol des sites (Tableau 4) a été significativement influencé par l'engrais organique. Les traitements avec les doses 2,5 ; 3,75 et 5 L ha⁻¹ d'engrais organique ont eu les meilleures réponses. A Bimbresso, ils ont permis une augmentation de 22,47 ; 20,41 et 21,46 % respectivement par rapport au témoin, tandis qu'à Bouaflé, cette hausse a été de 24,04 et 25 % respectivement par rapport au témoin. Les résultats obtenus dans l'ensemble montrent que le site de Bouaflé a enregistré les teneurs du sol les plus élevées en matière organique et rapport C/N comparativement à celui de Bimbresso.

Les résultats du Tableau 4 montrent que l'engrais minéral et l'effet combiné des engrais ont amélioré significativement ($p < 5\%$) les rendements. L'engrais organique a eu un effet hautement significatif ($p < 1\%$). Les meilleurs rendements bruts (Figure 2) ont été obtenus avec le traitement T7, respectivement, pour 15,50 et 32,75 t ha⁻¹, à Bimbresso et à Bouaflé. A Bimbresso, le traitement T7 (Figure 3) a eu le rendement net le plus élevé (14,75 t ha⁻¹). Les traitements T11 (14 t ha⁻¹), T6 et T10 (13,50 t ha⁻¹) se sont aussi bien distingués. Le témoin a eu le plus faible rendement (3,19 t ha⁻¹). A Bouaflé (Figure 3), le traitement T7

(31,95 t ha⁻¹) a eu le meilleur rendement net. Les traitements T6 (31,87 t ha⁻¹), T10 (29,95 t ha⁻¹) et T11 (31 t ha⁻¹) se sont également bien distingués. Le témoin a obtenu le plus petit rendement (5 t ha⁻¹).

Tableau 4 : Effets d'engrais organique et minéral sur la teneur du sol en matière organique, le rapport C/N, le rendement brut et net en 2011

Traitements	Bimbresso				Bouafilé			
	MO (g kg ⁻¹)	C/N	Rdt brut (t ha ⁻¹)	Rdt net (t ha ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	C/N	Rdt brut (t ha ⁻¹)	Rdt net (t ha ⁻¹)
Engrais minéral (%)								
0	2,25	11,91	10,05	9,58	2,37	11,50	20,69	20,06
50	2,48	11,08	11,03	10,55	2,74	12,23	25,94	25,54
100	2,49	11,15	12,03	11,53	2,77	12,38	26,71	26,50
PPDS (à 5%)	0,72	1,72	3,96	3,78	1,71	0,60	3,10	5,67
Engrais organique (L ha⁻¹)								
0	1,36	9,88 b	6,04	5,69	1,62	10,4 b	12,14	11,63
2,5	2,31	12,1 a	8,54	8,19	2,67	12,9 a	23,56	23,19
3,75	2,87	11,9 a	13,96	13,42	3,13	13,0 a	30,36	30,11
5	2,77	12,0 a	15,52	14,92	3,15	13,0 a	31,85	31,71
PPDS (à 5%)	0,44	1,08	1,76	2,11	0,29	0,44	3,88	3,39
Engrais minéral	NS	NS	S	S	NS	NS	S	S
Engrais Organique	S	S	HS	HS	S	S	HS	HS
Engrais minéral x organique	S	NS	S	S	S	NS	S	S
Moyenne	2,4	11,46	11,02	10,55	2,64	12,22	24,46	22,27
CV (%)	6,7	9,6	8,4	10,1	7,1	8,08	9,15	7,2

PPDS : Plus Petite Différence Significative à 5 % ; NS : Non Significatif ; S : Significatif (p < 5 %) ; HS : Hautement Significatif (p < 5 %). Les moyennes suivies des mêmes lettres (a, b), dans la même colonne, ne sont pas significativement différentes (p < 5 %), selon le test de Duncan. Rdt. : Rendement ; CV : Coefficient de Variation.

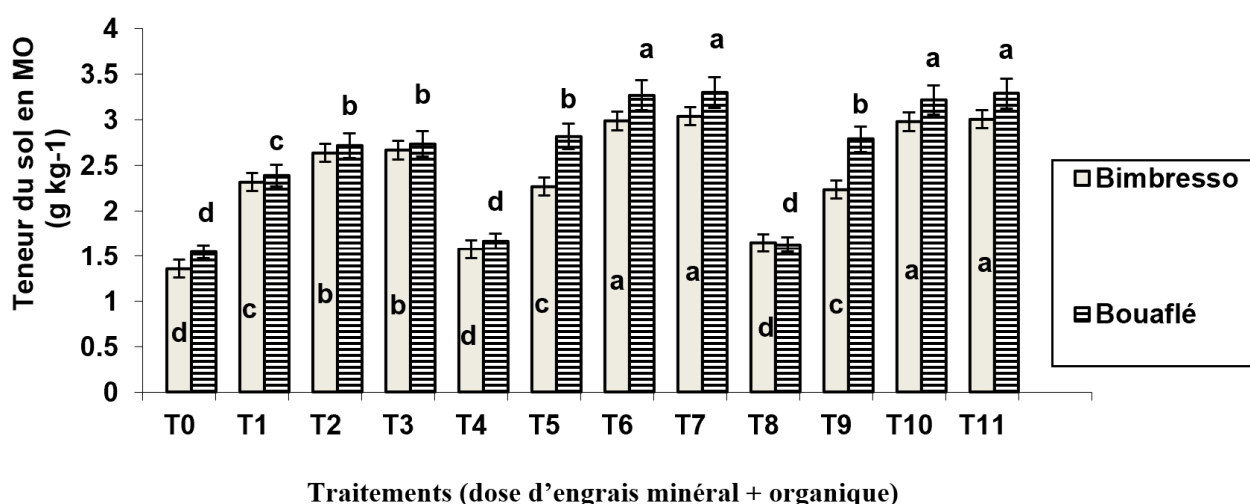


Fig. 2. Effets d'engrais organique et minéral sur la teneur du sol en matière organique à Bimbresso et à Bouafilé en 2011

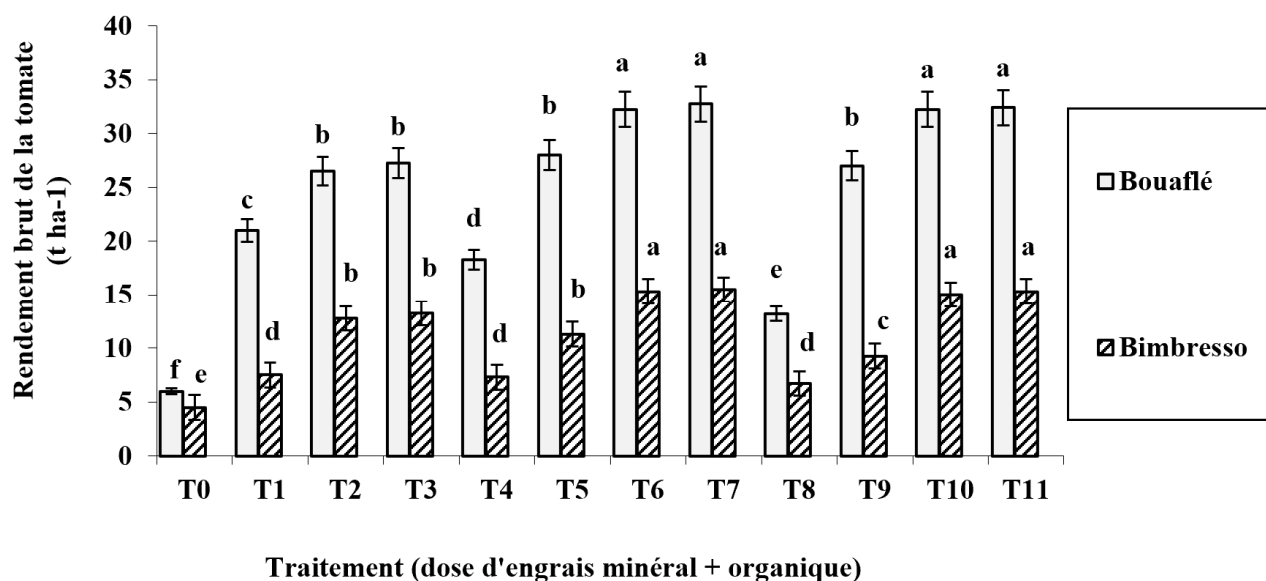


Fig. 3. Effets d'engrais organique et minéral sur le rendement brut de la tomate à Bimbresso et Bouaflé en 2011

Les moyennes suivies des mêmes lettres (a, b, c, d, e, f), sur chaque site ne sont pas significativement différentes ($p < 5\%$), T0 (témoin : 0 dose E. m. et E. o.); T1 (0 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.); T2 (0 % E. m. + 3,75 Lha⁻¹ E. o.); T3 (0 % E.m.+ 5 Lha⁻¹ E. o.); T4 (100 % E. m.+ 0 Lha⁻¹ E. o.); T5 (100 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.); T6 (100 % E. m.+ 3,75 Lha⁻¹ E. o.); T7 (100 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.); T8 (50 % E. m.+ 0 Lha⁻¹ E. o.); T9 (50 % E. m. + 2,5 Lha⁻¹ E. o.); T10 (50% E. m.+ 3,75 Lha⁻¹ E. o.); T11 (50 % E. m. + 5 Lha⁻¹ E. o.) E.m. : Engrais minéral ; E.o : Engrais organique

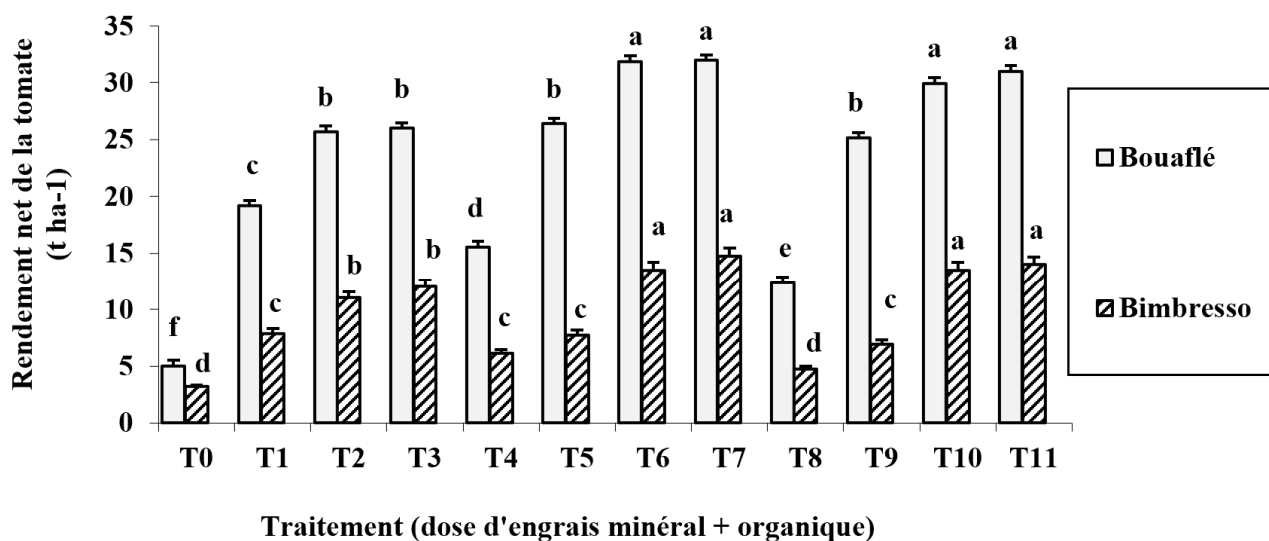


Fig. 4. Effets d'engrais organique et minéral sur le rendement net de la tomate à Bimbresso et Bouaflé en 2011

Les moyennes suivies des mêmes lettres (a, b, c, d, e, f), pour chaque site ne sont pas significativement différentes ($p < 5\%$).

4 DISCUSSION

La Matière organique joue un rôle déterminant dans la fertilité du sol. Elle est essentielle pour retenir les éléments nutritifs et l'humidité dans le sol. Elle en stabilise la structure, nourrit et abrite les organismes du sol. Les producteurs agricoles biologiques doivent tenter d'atteindre au moins 4 % de matière organique et considérer des valeurs stables ou à la hausse comme indicatrices d'une bonne gestion de leur sol ([9]). Cette matière organique va alors enrichir le sol en produisant de l'humus qui va se minéraliser pour fournir suffisamment d'éléments minéraux aux plantes pour leur développement. Selon la référence [5], plus la teneur du sol en matière organique est élevée, plus le sol retient des éléments nutritifs pour les mettre à la disposition des plantes pour leur croissance.

Les travaux de la référence [3] ont montré que la demi dose d'engrais minéraux, associée à 20 t ha⁻¹ de fiente de volaille, a entraîné une augmentation de la teneur en C total du sol de 32 %, et une amélioration de sa teneur en matière organique. Les essais conduits en petite saison pluvieuse deux années consécutives ont montré que la dose 3,75 L ha⁻¹ d'engrais organique liquide, associée à la dose 50 % engrais minéral, est plus efficace pour améliorer la teneur du sol en matière organique. La référence [17] a également montré que les engrais organiques améliorent la matière organique du sol.

Le rapport C/N est déterminant dans la décomposition de la litière. En effet, une litière qui se décompose trop lentement peut bloquer le cycle des éléments minéraux. Le rapport C/N des deux essais, a été plus élevé à Bouaflé (13.07 à 13) qu'à Bimbresso (12.79 à 11.9) sur les deux essais, avec l'apport de la dose 3,75 L ha⁻¹ d'engrais organique liquide. Ces ratios ont eu des valeurs normales sur les deux sites d'étude, selon les références [6] et [24] qui ont montré que le processus de minéralisation est plus ou moins normal lorsque $8 \leq C/N \leq 15$.

Au vu de ces valeurs, bien qu'elles soient normales, la décomposition de la matière organique pourrait être plus rapide à Bimbresso qu'à Bouaflé, parce qu'à la deuxième année d'essai le rapport C/N à Bouaflé a été supérieur (13) à celui de Bimbresso (11.9). Le risque de lixiviation des éléments minéraux pourrait donc être plus grand à Bimbresso qu'à Bouaflé. A Bouaflé, avec une décomposition un peu plus lente et les éléments nutritifs pourrait se mettre progressivement à la disposition de la plante, offrant ainsi une meilleure disponibilité des éléments minéraux du sol aux plantes à Bouaflé qu' à Bimbresso. Selon la référence [10], bien que la décomposition de la matière organique soit normale sur certaines toposéquences, la teneur en N des sols tropicaux est généralement faible. L'engrais organique liquide (NPK 5-9-19) pourrait alors jouer le rôle d'engrais et d'amendement avec la dose 3,75 L ha⁻¹ si de meilleures conditions pédoclimatiques sont réunies. Toutefois, il demeure plus efficace quand il est associé à la ½ dose d'engrais minéral.

Concernant le rendement de tomate, si le site de Bouaflé (25 – 29,95 t ha⁻¹ 2010 à 2011) a eu le meilleur résultat par rapport à celui de Bimbresso (7,78 – 13,50 t ha⁻¹ 2010 à 2011), cela est dû, entre autres à l'efficacité du traitement avec la dose 3.75 Lha⁻¹ en 2010, à celui de l'effet combiné de la dose 3.75 Lha⁻¹ d'engrais organique avec la ½ dose d'engrais minéral en 2011 et certainement aux propriétés physico-chimiques satisfaisantes de ce site. Ces traitements ont favorisé une meilleure disponibilité des éléments nutritifs du sol pour la plante sur le site de Bouaflé, à travers l'augmentation de la matière organique qui a favorisé une bonne activité biologique et une meilleure disponibilité des éléments nutritifs du sol pour la plante.

Comparativement aux rendements obtenus par les références [20] en Côte d'Ivoire et [21] en Afrique Subsaharienne où le rendement de la tomate était 10 t ha⁻¹, les rendements obtenus dans notre essai sont de façon générale au-dessus de la moyenne nationale obtenus dans ces deux pays. Ainsi donc, pour maintenir ou accroître la productivité des sols, il est nécessaire d'y apporter des matières organiques associées ou non à la ½ dose d'engrais minéral. L'apport d'engrais minéraux seuls ne peut pas maintenir à long terme la productivité des sols à cause du lessivage et de la dégradation des propriétés des sols ([4]).

Les travaux des références [16] et [2] ont montré que la fertilisation organique améliore durablement les propriétés physiques du sol et la production, tandis que l'utilisation d'engrais minéraux seuls provoque, à la longue, une baisse de production. Les travaux des références [12], [18] ont aussi montré que la combinaison d'engrais organiques et minéraux a créé de meilleures conditions de production pour les cultures.

5 CONCLUSION

Le traitement T10 à travers la dose 3,75 L ha⁻¹ d'engrais organique liquide, associée à la ½ dose d'engrais minéral a été le plus efficace en deuxième année d'essai pour augmenter significativement ($p < 5 \%$), la teneur du sol en matière organique et le rendement net de la tomate (Bimbresso : 13,50 t ha⁻¹; Bouaflé : 29,95 t ha⁻¹). En première année d'essai par contre, le traitement T6 (100 % engrais minéral + 3,75 L ha⁻¹ engrais organique) a amélioré la matière organique du sol et les traitements issus respectivement, des doses 3,75 et 5 L ha⁻¹ ont amélioré le rendement à Bouaflé (25 t ha⁻¹) et Bimbresso (7,78 t ha⁻¹). Durant les essais, les traitements témoins ont obtenu de faibles rendements net (2011 : Bimbresso (3,19 t ha⁻¹) ; Bouaflé (5 t ha⁻¹)). Le rapport C/N du sol, qui caractérise la décomposition de la matière organique et la minéralisation a été augmenté significativement ($p < 5 \%$), par les traitements issus des doses 2,5 et 3,75 L ha⁻¹ d'engrais organique, sur les deux années d'étude.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient remercier le Programme d'Appui Stratégique à la Recherche scientifique (PASRES) et le Centre Suisse de recherche Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS) pour le financement du Projet de thèse sur les performances agronomiques d'un engrais organique liquide « Dragon 1 » sur les cultures maraîchères du Sud et du Centre - Ouest de la Côte d'Ivoire.

RÉFÉRENCES

- [1] Ahishakiye, M., & Aitamou, M., Transformation industrielle de tomates ; extraction et caractérisation de l'huile de graines de tomates 4 p, 2010.
- [2] Alexandra, M., Raphaël, C., & Sokral, S., Fertilité du sol et productivité cultures. Effets des apports organiques et du labour, Recherche Agronomique. Suisse 2: 3 124 p, 2011
- [3] P. K., Akanza et. G. Yoro, Effets synergiques des engrais minéraux et de la fumure de volaille dans l'amélioration de la fertilité d'un sol ferrallitique de l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Agronomie Africaine, 15 : 3 140 p, 2003.
- [4] R. Alvarez, A review of nitrogen fertilizer and conservation tillage effects on soil organic carbon storage. Soil Use and Management, 21: 38-52, 2005.
- [5] Anne, W., & Jean, D., Amendement et fertilisation. Guide de gestion globale de la ferme maraîchère biologique et diversifiée. 7 : 7 p, 2009.
- [6] Assa, A., Précis de pédologie. Collection Sciences. Edition Universitaire de Côte d'Ivoire. Université de Cocody-Abidjan. Côte d'Ivoire. 100 p, 2005.
- [7] Bado B. V., Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Laval Canada, pp. 141-184, 2002.
- [8] Boli Z. et Roose E., Rôle de la jachère de courte durée dans la restauration de la productivité des sols dégradés par la culture continue en savane soudanienne humide du Nord-Cameroun. In Floret Ch. et Pontanier R., (Eds). La jachère en Afrique tropicale John Libbey. Paris, pp.149-154, 2000.
- [9] Désirée J., Comprendre votre analyse de sol. Centre d'agriculture biologique du Canada, 1 p, 2012.
- [10] Ettien, D. J. B., Intensification de la production d'igname (*Dioscorea ssp.*) par la fertilisation minérale et l'identification de nouvelles variétés en zone forestière et savanicole de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université, Cocody, Abidjan, 167 p, 2004.
- [11] FAO, Fertilizers and their use. A pocket guide for extension officers. Fourth édition. Rome, 34 p, 2000.
- [12] FAO, Les engrais et leur application. Brochure, 4^e édition. 5 p, 2003.
- [13] Hanson, P., Chen, J., T., Kuo, C., G., Morris, R., and Opena, R. T., Suggestions sur les pratiques culturales de la tomate. Learning center, pp.1- 9, 2001.
- [14] Henao J., Baanante C.A., Agricultural Production and Soil Nutrient Mining in Africa. Summary of IFDC Technical Bulletin, IFDC, Muscle Shoals, Alabama, USA, 75 p, 2006.
- [15] Kjedahl B. J., Total Nitrogen. in: Methods of soil analysis, 2^e partie. Agronomy. Madison, Wisconsin, pp. 1149 – 1178, 1965.
- [16] Ladha, J., K., Dawe, D., P., Athak, H., Padre, A., T., Yadav, R., L., Singh P., Kundu, A., L., Sakal, R., Ram, N., Regmi, A., P., Gami, S. K., Bhandari A., L., Amin, R., Yadav, C., R., Bhattarai, E., M., Das, S., Aggarwal, H., P., Gupta, R., K., and Hobbs, P. R. How extensive are yield declines in long-term rice wheat experiments in Asia? Field Crops Res. 81: 159 –180, 2003.
- [17] R. Lal, Challenges and opportunities in soil organic matter research. European Journal of Soil Sciences, 60 : 158 – 169, 2009.
- [18] Laurence, P., et Philippe, E., Les engrais organo-minéraux. Union des industries de la fertilisation. 17 : 1 p, 2008.
- [19] Michel, L., Système racinaire de la tomate de serre, champignons phytopatogènes et environnement. Rapport technique, Québec. 13 p, 1998.
- [20] Minagra, Plan directeur du développement agricole 1992-2015. Ministère de l'agriculture, rapport technique, République de Côte d'Ivoire. Rapport final. 257 p, 1993.
- [21] Nono, W., R., Swai, I., S., and Chadha, M. L., Management of vegetable diseases in Eastern and Southern Africa : case study of tomato. In : Anonym, Proceedings of the Workshop on vegetable research and development in West Africa ARUSHA TANZANIA, pp. 19-31, 2001.
- [22] Ouattara N. D et Zoro B. I. A., Etude comparative de l'influence de la fumure minérale et Organique sur la productivité du cultivar à baies allongées de *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl (Cucurbitaceae). Mémoire de Maîtrise ; UFR des Sciences de la Nature. Université Nangui Abrogoua (Côte d'Ivoire), 34 p, 2009.
- [23] N. A. Somé, K. Traoré, O.Traoré, et M. Tassebedo, Potentiel des jachères artificielles à *Andropogon* spp. dans l'amélioration des propriétés chimiques et biologiques des sols en zone soudanienne (Burkina Faso). Biotechnol. Agron. Soc Environ. 11(3) : 245 – 252, 2007.
- [24] Tossou R., Vodouhè S., Fanou J., Babadankpodji P., Kouévi A., et Ahouloukpe H., Caractéristiques physico – chimiques et aptitudes culturales de sols de la conurbation Abomey Bohicon, Ecocité, 9 : 10 p, 2006.
- [25] Toufouni Z. H., Contribution à l'étude des maladies bactériennes de la tomate (*Lycopersicon esculentum*) cultivée dans l'Est Algérien. Mémoire de Magister en Biologie Appliquée. pp. 9 – 10, 2013.
- [26] S.Y. Useni, K.M. Chukiyabo, K. J. Tshomba, M. E. Muyambo, K. P. Kapalanga, N.F. Ntumba, A. K. P. Kasangij, K. Kyungu, L. L. Baboy, K. L. Nyembo, et M. M. Mpundu, Utilisation des déchets humains recyclés pour l'augmentation de la production du maïs (*Zea mays* L.) sur un ferralsol du Sud-Est de la RD Congo. J.Appl. Biosci. 66 : 5070-5081, 2013.
- [27] Walkley A. et Black A., Dosage de la matière organique; modification apportée au dosage de l'acide chromique, Soil Science 37 : 29 – 38, 1934.